

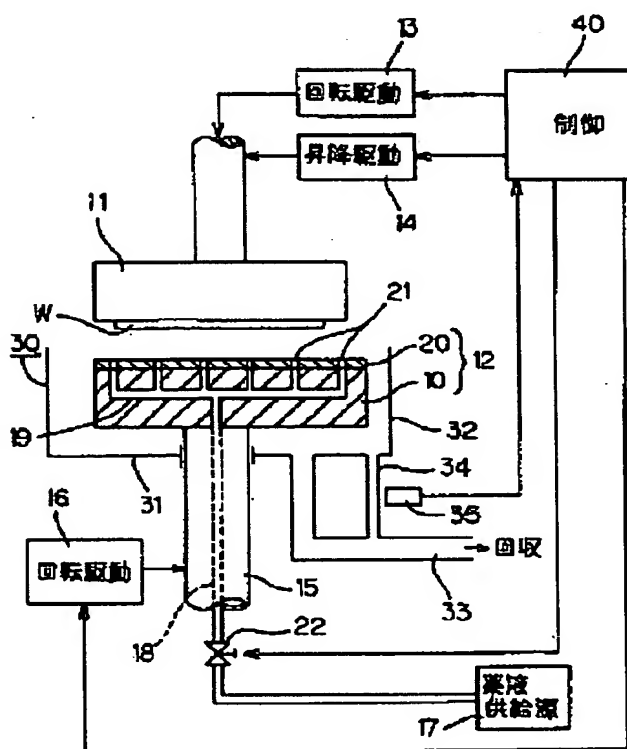
# MANUFACTURE OF ELECTRONIC DEVICE AND CHEMICAL MECHANICAL POLISHING DEVICE

**Patent number:** JP2000260736  
**Publication date:** 2000-09-22  
**Inventor:** SUZUKI YOSHITOMO  
**Applicant:** ROHM CO LTD  
**Classification:**  
 - International: H01L21/304  
 - european:  
**Application number:** JP19990057311 19990304  
**Priority number(s):**

Report a data error here

## Abstract of JP2000260736

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To accurately detect the end point of a chemical mechanical polishing(CMP) treatment, even when a polishing pad, having a configuration almost same as the substrate to be treated in used.  
**SOLUTION:** A CMP treatment is performed, by pressing the wafer W retained with a water head 11 and chemical liquid is fed to a polishing pad 20 from a chemical liquid feed source 17. An insulating film, having a groove corresponding to a wiring pattern, is formed on the surface of the wafer W, and a copper layer is laminated on the insulating film. When the copper layer outside the groove is removed through flattening treatment using a CMP method further, a copper wiring, which is embedded in the groove, can be obtained. The chemical liquid used for the CMP treatment, i.e., waste liquid, is discharged from the edge of the polishing pad 20. The concentration of copper ions in the waste liquid with detected by measuring the light absorbing characteristic by a spectroscope. When a sudden decrease of copper ion concentration is observed, the operation of CMP treatment is stopped by a control part 40.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-260736

(P2000-260736A)

(43) 公開日 平成12年9月22日 (2000.9.22)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	チーフド (参考)
H 0 1 L 21/304	6 2 2	H 0 1 L 21/304	6 2 2 S 6 2 2 C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-57311

(22) 出願日 平成11年9月4日 (1999.9.4)

(71) 出願人 000116024

ローム株式会社

京都府京都市右京区西院清崎町21番地

(72) 発明者 鈴木 直友

京都市右京区西院清崎町21番地 ローム株

式会社内

(74) 代理人 100087701

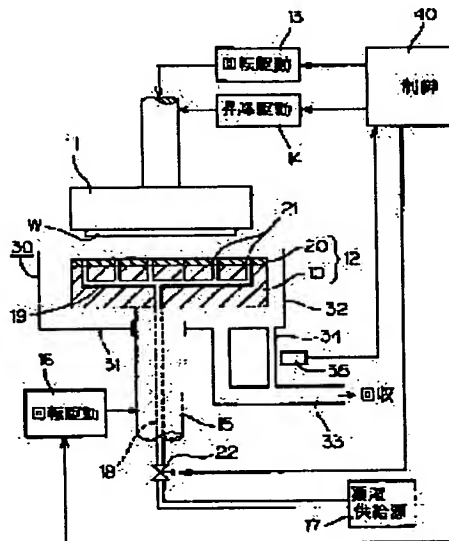
弁護士 相関 耕作 (外2名)

(54) 【発明の名称】 電子デバイスの製造方法および化学的機械的研磨装置

(57) 【要約】

【課題】 処理対象の基板とほぼ同形状の研磨パッドを用いる場合でも、CMP処理の終点を確実に検出する。

【解決手段】 ウエハベッド11に保持されたウエハWを研磨パッド20に押し付け、薬液供給連17からの薬液を研磨パッド20に供給することによって、CMP処理が行われる。ウエハWの表面には、配線パターンに対応した溝を有する絶縁膜が形成されており、さらに、この絶縁膜上に銅層が積層されている。溝外の銅層をCMP処理による平坦化処理によって除去すると、溝内に埋め込まれた銅配線が得られる。研磨パッド20の縁部からは、CMP処理のために使用された後の薬液、すなわち排液が流下する。この排液中の銅イオン濃度が、分光器35による光吸収特性の測定によって、検出される。銅イオン濃度の急減が検出されると、制御部40は、CMP処理のための動作を停止する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】凹部を有する基板上に薬液と反応してイオン化する材料からなる材料膜を形成する工程と、上記材料膜が形成された基板表面を、上記材料膜の材料をイオン化させることができる薬液と、基板表面に接する研磨パッドとを用いた化学的機械的研磨により、平坦化する平坦化工程と、上記化学的機械的研磨の際に上記研磨パッドから流下する排液中の上記材料のイオン濃度を監視するイオン濃度監視工程と、上記検出されるイオン濃度に基づいて上記平坦化工程の終点を検出する工程とを含むことを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 2】上記イオン濃度監視工程は、上記排液の光吸収特性を検出する工程を含むことを特徴とする請求項 1 記載の電子デバイスの製造方法。

【請求項 3】凹部を有する表面に材料膜が形成された基板に対して化学的機械的研磨を行うための装置であって、

基板表面を研磨するための研磨パッドと、上記研磨パッドに対向させて基板を保持し、この基板を上記研磨パッドに押し付ける研磨ヘッドと、上記研磨パッドに上記材料膜の材料をイオン化させることができる薬液を供給する薬液供給機構と、上記研磨パッドから流下する排液中の上記材料のイオン濃度を検出するイオン濃度検出機構と、上記研磨パッドに上記研磨ヘッドに保持された基板を摺接させるとともに上記薬液供給機構から上記研磨パッドに薬液を供給させることにより、基板表面の化学的機械的研磨を行わせ、さらに、上記イオン濃度検出機構が検出するイオン濃度に基づいて、化学的機械的研磨の停止タイミングを設定する制御部とを含むことを特徴とする化学的機械的研磨装置。

【請求項 4】上記イオン濃度検出機構は、上記排液の光吸収特性を検出する検出器を含むことを特徴とする請求項 3 記載の化学的機械的研磨装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、化学的機械的研磨処理を用いた電子デバイス（半導体装置など）の製造方法、および化学的機械的研磨装置に関する。

【0002】

【従来の技術】絶縁膜上に微細な金属配線パターンを形成するための技術の 1 つに、いわゆるダマシン法がある。ダマシン法では、ウエハ上に形成された酸化シリコンなどの絶縁膜上に所望の配線パターンに対応した溝を形成し、この状態で配線金属材料をウエハ上に堆積させた後、CMP（化学的機械的研磨）法によって、表面が平坦化される。この CMP 処理によって、溝外の配線金属材料が除去され、溝内のみ、所望のパターンの金属配

線が形成される。

【0003】CMP 処理は、溝外の配線金属材料が除去され尽くされた時点で終了することが好ましい。CMP 処理の終了が早すぎると、溝外の配線金属材料が残留した状態となって信頼故障が生じたりするおそれがある。また、CMP 処理の完了が遅すぎれば、溝内の配線金属材料までもが除去され、配線の断面積が小さくなって、配線抵抗が設計値よりも高くなるおそれがある。したがって、CMP 処理の終点を可及的に正確に検出して、CMP 処理を適切なタイミングで終了することが重要である。

【0004】CMP 装置は、定盤上に配置された研磨パッドと、この研磨パッドに対向するウエハの研磨面を有する研磨ヘッドとを有している。研磨ヘッドは、ウエハの表面を研磨した状態で回転し、かつ、研磨ヘッドにウエハを押し付けることができる。研磨パッドは、ウエハの 2 倍程度の径の円形状を有している。そして、定盤は、低速で移動するようになっていて、ウエハと研磨パッドとの接触位置がゆっくりと変化するようになっている。研磨パッド上には、薬液と砥粒とを含むスラリーが供給され、これらの働きによって、化学的機械的研磨が達成される。

【0005】このような CMP 装置において CMP 処理の終点を検出するための先行技術では、研磨パッド上の液層の電気抵抗を測定したり（特開平 10-189505 号公報）、X 線解析を行ったりすることにより（特開平 8-213351 号公報）、研磨パッド上に存在するスラリー中の金属材料濃度の検出が行われる。すなわち、溝外の配線金属材料が除去し尽くされると、その後は、研磨パッド上のスラリー中の金属材料濃度が急速に減少するから、これに基づいて、CMP 処理の終点を検出することができ、これにตอบสนองして、CMP 研磨を終了すればよい。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の CMP 装置は、ウエハに大きな荷重をかけるとともに、研磨ヘッドを比較的低速に回転させる、高加圧低回転処理を行うものが主流である。しかし、この構成では、CMP 処理に時間がかかり、必ずしも満足な生産性を達成することができない。そこで、研磨パッドに対向して複数の研磨ヘッドを配置することにより、複数枚のウエハに対する CMP 処理を並行して行うことが提案されている。しかし、研磨パッドが消耗してその交換が必要になると、複数の研磨ヘッドを全て停止する必要が生じ、これにより、生産性の向上が損なわれる。

【0007】これらの問題を解決するために、ウエハとほぼ同面積の研磨パッドを用い、比較的小さな荷重でウエハを研磨パッドに押し付けるとともに、ウエハを保持する研磨ヘッドを高速に回転させる、低加圧高回転処理型の CMP 装置が提案されている。この装置では、CM

P処理時間を短縮することができる。研磨パッドと研磨ヘッドとの対を複数組設けておけば、複数枚のウエハに対する処理を並行して行うこともできる。しかも、個々の組の研磨パッドの交換は、他の組における研磨運転を継続した状態で行えるから、研磨パッドの交換の際にも、生産を継続できる。

【0008】ところが、この提案に係る構成では、研磨パッドのほぼ全域をウエハが覆うことになるため、研磨パッド上の液層中の配線金属材料の濃度を検出することがきわめて困難であり、上述の2つの先行技術は、いずれも適用することができない。そこで、この発明の目的は、上述の技術的課題を解決し、処理対象の基板とほぼ同形状の研磨パッドを用いる場合でも、化学的機械的研磨処理の終点を確実に検出することができる、電子デバイスの製造方法を提供することである。

【0009】また、この発明の他の目的は、上記製造方法の実施に適して、良好な生産効率で高品質の電子デバイスを製造することが可能な化学的機械的研磨装置を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段および発明の効果】上記の目的を達成するための請求項1記載の発明は、凹部を有する基板上に薬液と反応してイオン化する材料からなる材料膜を形成する工程と、上記材料膜が形成された基板表面を、上記材料膜の材料をイオン化させることができる薬液と、基板表面に接する研磨パッドとを用いた化学的機械的研磨により、平坦化する平坦化工程と、上記化学的機械的研磨の際に上記研磨パッドから流下する排液中の上記材料のイオン濃度を監視するイオン濃度監視工程と、上記検出されるイオン濃度に基づいて上記平坦化工程の終点を検出する工程とを含むことを特徴とする電子デバイスの製造方法である。

【0011】この発明によれば、研磨パッドから流下する排液中のイオン濃度が検出され、これに基づいて、化学的機械的研磨による平坦化工程の終点が検出される。そのため、たとえ研磨パッドと処理対象の基板とがほぼ同形状であっても、化学的機械的研磨処理の終点を確実に検出することができ、これにより、基板上の凹部内に所望の材料膜を選択的に残すことができる。よって、すぐれた特性の電子デバイスの製造が可能になる。

【0012】化学的機械的研磨では、材料膜の構成材料をイオン化することができる薬液が用いられる。それゆえ、基板表面から材料膜が削り取られている間は、削り取られた材料は、研磨パッド上を流れている過程でイオン化して薬液中に溶解する。凹部外に材料膜が除去し尽くされれば、基板表面から削り取られる膜材料が急減するから、研磨パッドから流下する薬液中のイオン濃度も急変する。よって、研磨パッドから流下する排液中のイオン濃度を監視することにより、化学的機械的研磨の終点を正確に検出することができる。

【0013】上記材料膜は、凹部に埋設された配線を構成する配線膜であってもよい。この場合に、上記材料膜を構成する材料は、金属（銅、アルミニウム、鉄、銀など）、や半導体（ポリシリコンなど）であることが好ましい。また、上記凹部は、基板上に形成された絶縁膜に形成されていてもよい。すなわち、上記電子デバイスの製造方法は、上記基板上に絶縁膜を形成する工程と、この絶縁膜上に凹部をパターン形成する構成とをさらに含んでいてもよい。そして、上記材料膜によって、配線を形成する場合には、上記凹部は、配線パターンに対応した溝形状に形成されることが好ましい。

【0014】また、上記基板は、シリコン、ゲルマニウムまたは化合物半導体（ガリウム砒素半導体など）などの半導体基板であって、上記電子デバイスは、半導体装置であってもよい。さらに、上記研磨パッドは、砥粒を仕込んだものであってもよい。この場合、研磨パッドに供給される薬液中に砥粒を混入させる必要がないので、排液中のイオン濃度の検出を良好に行うことができる。

【0015】請求項2記載の発明は、上記イオン濃度監視工程は、上記排液の光吸収特性を検出する工程を含むことを特徴とする請求項1記載の電子デバイスの製造方法である。材料膜が金属などのようにイオン化して発色する材料からなっている場合、排液中のイオン濃度は、排液の色を測定することによって、検出することができる。そこで、この発明では、排液の光吸収特性を検出することによって、排液中のイオン濃度を検出することとしている。

【0016】イオン濃度の検出は、ほかにも、排液の電気抵抗を測定することによって、検出することもできる。請求項3記載の発明は、凹部を有する表面に材料膜が形成された基板に対して化学的機械的研磨を行うための装置であって、基板表面を研磨するための研磨パッドと、上記研磨パッドに対向させて基板を保持し、この基板を上記研磨パッドに押し付ける研磨ヘッドと、上記研磨パッドに上記材料膜の材料をイオン化させることができる薬液を供給する薬液供給機構と、上記研磨パッドから流下する排液中の上記材料のイオン濃度を検出するイオン濃度検出機構と、上記研磨パッドに上記研磨ヘッドに保持された基板を搬送させるとともに上記薬液供給機構から上記研磨パッドに薬液を供給させることにより、基板表面の化学的機械的研磨を行わせ、さらに、上記イオン濃度検出機構が検出するイオン濃度に基づいて、化学的機械的研磨の停止タイミングを設定する制御部とを含むことを特徴とする化学的機械的研磨装置である。

【0017】この構成により、いわゆる低圧高回転処理型の装置であっても、適切なタイミングで化学的機械的研磨を停止できるので、良好な生産効率で、高品質な電子デバイスを製造することができる。請求項4記載の発明は、上記イオン濃度検出機構は、上記排液の光吸収特性を検出する検出器を含むことを特徴とする請求項3

記載の化学的機械的研磨装置である。

【0018】この構成により、排液中のイオン濃度の検出を良好に行えるので、化学的機械的研磨処理の終点検出を良好に行える。

【0019】

【発明の実施の形態】以下では、この発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。図1は、この発明の一実施形態に係るCMP処理装置の構成を図解的に示す概念図である。このCMP処理装置は、被研磨物としてのウエハWを下向きに吸着して保持するウエハヘッド11（研磨ヘッド）と、このウエハヘッド11に対して設けられた研磨盤12とを有している。ウエハヘッド11は、回転駆動機構13によって鉛直方向に沿う回転軸まわりに回転駆動されるようになっており、荷重機構を含む昇降駆動機構14によって、ウエハWを研磨盤12に向けて押し付けることができるようになっている。これにより、ウエハWの表面を研磨盤12に接触させることができる。

【0020】研磨盤12は、厚い円盤状の定盤10と、この定盤10の上面に固定された薄い円盤状の研磨パッド20とを有している。定盤10は、鉛直方向に沿って設けられた中空の支柱15によって偏心的位置で支持されており、この支柱15は、回転駆動機構16によって回転されるようになっている。これにより、回転駆動機構16は、支柱15をその軸線まわりに回転させることにより、定盤10を水平面に沿って円軌道を描くように揺動させる揺動駆動機構を構成している。

【0021】中空の支柱15には、薬液タンクおよび薬液供給タンクなどを含む薬液供給源17からの薬液が導かれる薬液供給管18が挿通している。この薬液供給管18は、定盤10の内部に形成された薬液供給路19に結合されている。薬液供給路19は、定盤10の上面の複数箇所に形成された開口21と連通している。薬液供給源17からは、研磨用薬液が供給される。薬液供給管18の途中部には、バルブ22が介装されており、薬液の供給/停止が行えるようになっている。このように、薬液供給源17、薬液供給管18、薬液供給路19およびバルブ22などにより、薬液供給機構が構成されている。

【0022】研磨盤12は、処理カップ30内に収容されている。この処理カップ30は、支柱15を回転自在に挿通させる底部31と、この底部31から、研磨パッド20よりも上方の位置まで立ち上って研磨盤12を包囲する側壁部32とを有している。底部31には、研磨盤12から流下する使用済みの薬液、すなわち排液を回収するための回収ライン33が接続されている。

【0023】処理カップ30の底部31において、研磨盤12の縁部のほぼ直下の位置には、回収ライン33との間に、イオン濃度検出ライン34が設けられている。このイオン濃度検出ライン34は、透明な管部材で構成

されており、その途中部には、イオン濃度検出ライン34を通過する薬液の光吸収特性を検出するための検出器である分光器35が配置されている。

【0024】この分光器35の出力信号は、マイクロコンピュータなどを含む制御部40に入力されている。制御部40は、ウエハヘッド11を回転および昇降させるための回転駆動機構13および昇降駆動機構14、ならびに研磨盤12を揺動させるための回転駆動機構16に対して、動作制御信号を与える。また、制御部40は、バルブ22の開閉を制御する。

【0025】分光器35の出力信号は、ウエハWに対するCMP処理の終点を検出するために用いられる。そして、CMP処理の終点が検出されると、制御部40は、ウエハヘッド11を上昇させ、バルブ22を開いて薬液の供給を停止して、CMP処理を終了させるための制御処理を行う。図2は、ウエハWに対するCMP処理を説明するための図であり、この例では、いわゆるダマシン法によって、銅配線を形成する場合の処理が示されている。ウエハWの表面には、二酸化シリコンなどの絶縁物からなる絶縁膜61が形成され、この絶縁膜61には、配線パターンに対応した溝62がパターン形成される（図2(a)）。この状態から、たとえば、めっき法により、溝62の深さよりも厚い銅層63が全面に堆積させられる（図2(b)）。その後、溝62外の絶縁膜61の表面が露出するまで化学的機械的研磨を行って表面を平坦化することにより、溝62に埋め込まれた銅配線を形成することができる（図2(d)）。

【0026】この場合に、研磨パッド20を銅配線に接触させるとともに、薬液を研磨パッド20上に供給すると、銅層63が削り取られ、この削り取られた銅はイオン化して薬液中に溶け込み、凹凸状の研磨パッド20の表面を伝って、研磨パッド20の縁部へと導かれる。イオン化した銅を含む薬液は青緑色を呈し、この青緑色の濃さは、薬液中の銅イオン濃度に対応する。

【0027】銅層63がほぼ全面に存在している途中の状態（図2(e)）では、研磨パッド20から流下する薬液中の銅イオン濃度が高く、したがって、濃い青緑色の排液が研磨パッド20から排出される。一方、化学的機械的研磨が進んで、溝62外の絶縁膜61が露出した状態となると、銅層63から削り取られる銅の量が急減するから、研磨パッド20から流下する薬液中の銅イオン濃度が急減する。これにより、排液の青緑色は、急激に淡くなっていく。

【0028】そこで、この実施形態では、イオン濃度検出ライン34に配置された分光器35によって、イオン濃度検出ライン34を通過する排液の光吸収特性を検出し、これに基づいて、CMP処理の終点（図2(d)の状態）を検出するようにしている。図3は、分光器35によって検出される光吸収特性の一例を示す図である。分光器35が検出する光吸収特性は、研磨盤12から流下

し、イオン濃度検出ライン3,4を通して排液される薬液中の銅イオン濃度に応じて変化する。すなわち、分光器35が検出する光吸収特性は、銅イオンの発色波長 $\lambda$ (C)付近にピークを有することになるが、銅イオン濃度が高いほど、鋭いピークをとることになる。

【0029】したがって、銅層63がウエハWのほぼ全面に存在している状態では、曲線L1で示すように、鋭いピークを持つ光吸収特性が観測される。溝62外の銅層63が削り尽くされると、曲線L2で示す状態、さらには曲線L3で示す状態へと光吸収特性が変化して、銅イオンの発色波長 $\lambda$ (C)付近における光吸収が急激に少なくなる。

【0030】図4は、銅イオンの発色波長の光吸収特性の時間変化を示すグラフである。期間T1には、ウエハWのほぼ全面に銅層63が存在しており、銅イオンの発色波長における光吸収はほぼ一定である。そして、時刻t1に、溝62外の銅層63が除去し尽くされると、排液中の銅イオン濃度の急激な減少に伴い、銅イオン濃度の発色波長の光吸収が急激に減少する。

【0031】そこで、たとえば、制御部40は、光吸収がほぼ一定に保たれる期間T1における光吸収AOを基準値として記憶することとし、光吸収値が、基準値AOから予め定め一定値 $\alpha$ Aだけ減少した時点(あるいは、基準値AOから $\alpha$ Aだけ減少したことが観測されてから一定の時間が経過した時点)を、CMP処理の終点として検出し、この時点を、CMP処理の停止タイミングとして設定する。

【0032】すなわち、制御部40は、CMP処理が完了したものと判断すると、昇降駆動機構14を制御して、ウエハヘッド11を上昇させ、その後、回転駆動機構13を制御して、ウエハヘッド11の回転を停止させる。さらに、制御部40は、バルブ22を開いて、薬液の供給を停止させるとともに、回転駆動機構16を制御して、研磨盤12の揺動を停止させる。

【0033】以上のように、この実施形態によれば、研磨盤12から流下する排液中の銅イオン濃度をその光吸収特性の測定によって検出し、これに基づいて、CMP処理の終点を検出するようにしている。そのため、研磨盤12の大きさがウエハWの大きさとほぼ等しい場合でも、CMP処理の終点検出を確実に行うことができる。

【0034】したがって、低加圧高速回転型の装置においても、CMP処理の終点検出を良好に行うことができるから、生産性の向上を図りながら、高品質な半導体装置を生産することができる。なお、薬液供給管18からは、砥粒(アルミナなど)を薬液中含むスラリーが供給されてもよいが、研磨パッド20に砥粒を仕込んでおくこととして、薬液供給管18からは薬品のみが供給されることが好ましい。これにより、分光器35による光吸収特性の測定を正確に行うことができ、ひいては、高品質なCMP処理を達成することができる。

【0035】この発明の一実施形態の説明は以上のとおりであるが、この発明は他の形態で実施することも可能である。たとえば、排液中の銅イオン濃度の測定は、排液の電気抵抗を検出することによっても行えるから、図5に示すように、イオン濃度検出ライン3,4内の排液流路に、一対の電極71,72を配置し、この電極71,72間の電気抵抗を、検出回路70によって検出し、この検出回路70の出力信号を、制御部40に入力するようにしておいてもよい。

【0036】また、上記の実施形態では、配線材料として銅を用いる場合について説明したが、配線の材料には、銅以外にも、アルミニウム、鉄、銀などの他の金属が用いられてもよい。これらの金属も、薬液中に溶解してイオン化し、可視波長領域で発色するので、上述の実施形態の場合と同様にしてCMP処理の終点検出を行える。さらには、金属以外にも、ポリシリコンなどの半導体材料をも配線材料として適用可能であり、このような半導体材料も薬液中に溶解してイオン化する限りにおいて、本発明の実施に適用可能である。

【0037】その他、特許請求の範囲に記載された事項の範囲で種々の設計変更を施すことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態に係るCMP処理装置の構成を概念的に示す概念図である。

【図2】ウエハに対するCMP処理を説明するための図である。

【図3】分光器によって検出される光吸収特性の一例を示す図である。

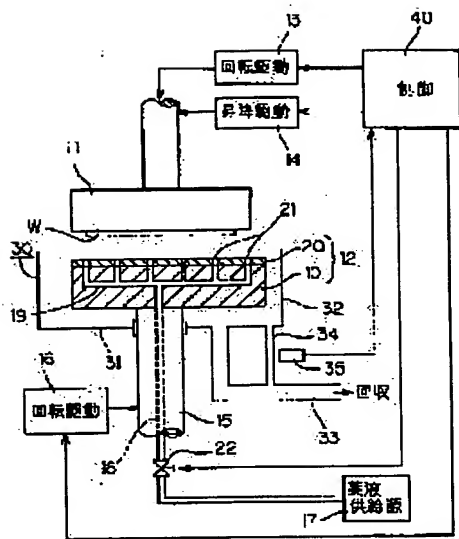
【図4】銅イオンの発色波長の光吸収特性の時間変化を示すグラフである。

【図5】排液の電気抵抗を検出するための構成を示す概念図である。

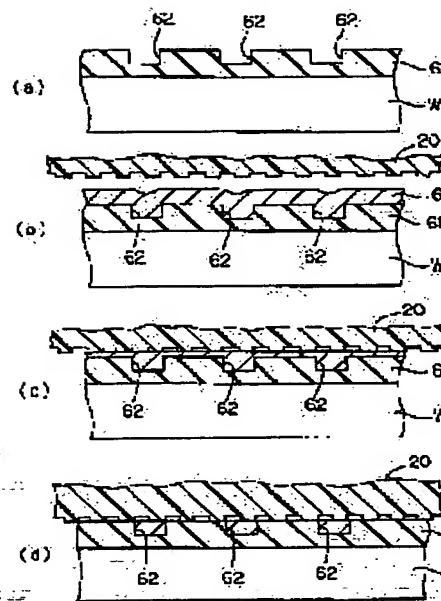
【符号の説明】

- 11 ウエハヘッド
- 17 薬液供給源
- 18 薬液供給管
- 19 薬液供給路
- 20 研磨パッド
- 21 開口
- 22 バルブ
- 30 処理カップ
- 34 イオン濃度検出ライン
- 35 分光器
- 40 制御部
- 61 絶縁膜
- 62 溝
- 63 銅層
- 70 検出回路
- 71 電極
- W ウエハ

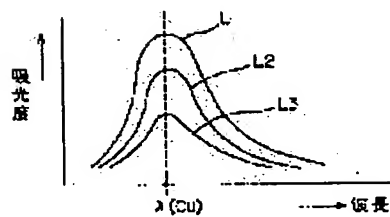
【圖1】



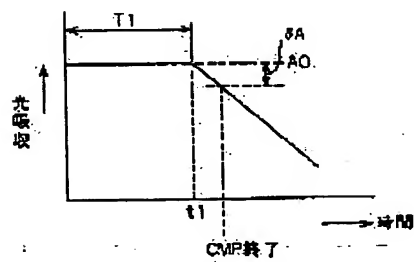
【圖2】



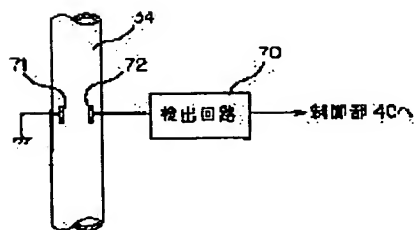
【圖3】



【圖4】



【圖5】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**